

Utilização do método AHP para definir o melhor arranjo físico de uma linha de produção em uma indústria metalúrgica no Rio de Janeiro

**SANTOS, Marcos^{1*}; HERMOGENES, Lucas Ramon dos Santos²;
LIMA, Angélica Rodrigues³**

¹ Seção de Engenharia de Computação – SE8, Instituto Militar de Engenharia – IME;

² Coordenação de Engenharia de Produção, Centro Universitário Augusto Motta – UNISUAM;

³ Coordenação de Engenharia de Produção, Centro de Tecnologia da Indústria Química e Têxtil – CETIQT;

* Autor de correspondência. E-mail: marcosdossantos@ime.eb.br

RESUMO

O presente artigo tem como foco abordar a utilização do método AHP, análise hierárquica de processos, para direcionar a melhor opção de arranjo físico de uma linha de produção de pintura de parafusos e porcas em uma indústria do Rio de Janeiro, para mostrar matematicamente o melhor caminho para o tomador de decisão, e minimizar os interesses pessoais dos envolvidos na formulação da decisão do investimento. O AHP utilizado neste trabalho se orientou em virtude do arranjo físico que apresenta as melhores variáveis para a organização, justifica-se a aplicação de investimento para o layout que apresentar a melhor redução no custo e maior aumento de produção mensal e anual, respeita-se a qualidade final do produto e impacta-se de forma positiva para diminuir a movimentação de materiais no decorrer do processo de pintura, armazenamento e embarque dos pedidos, onde ao final foi possível definir a opção de arranjo que representa o maior aumento de receita para a organização.

Palavras-chave: Método AHP; arranjo físico; aumento de produção; redução de custo.

Use of the AHP method to define the best physical arrangement of a production line in a metallurgical industry in Rio de Janeiro

ABSTRACT

The present article focuses on the use of the AHP method, hierarchical analysis of processes, to direct the best physical arrangement option of a screw and nut painting production line in an industry in Rio de Janeiro, showing mathematically the best path to the decision maker, and minimizing the stakeholder interests of those involved in formulating the investment decision. The AHP used in this work was oriented by virtue of the physical arrangement that presents the best variables for the organization, justifying the investment application for the layout that presents the best reduction in cost and greater increase of monthly and annual production, respecting the final quality of the product and positively impacting on the reduction of material movement during the process of painting, storage and shipment of orders, where in the end it was possible to define the arrangement option that represents the largest revenue increase for the organization.

Keywords: AHP Method; physical arrangement; production increase; cost reduction.

1 Introdução

O fim do século XIX assistiu grandes corporações surgirem, dentre elas os gigantes Ford do setor de automóveis e General Electric que atua em diversos segmentos como, pesquisa global, energia, aviação, tecnologia e petróleo e gás. Com a aparição de grandes organizações no início do século XX, surgiu também a possibilidade de se aumentar a produção por padrões mecanizados com tempos e movimentos cronometrados, conceitos esses difundidos por Taylor com a administração científica do trabalho onde sua proposta era melhorar a eficiência industrial com a utilização da mão de obra padronizada e mapeada, onde tais mudanças convergiram para proporcionar o aumento da receita em economia de escala e para alavancar a economia mundial no setor produtivo. O surgimento de novas tecnologias impactou os meios produtivos e o modo como a indústria se posiciona no mercado global, as mesmas necessitam se reestruturar para sobreviver ao longo dos anos e conseguir atender as diferentes especificações do mercado consumidor, onde a demanda é cada vez maior e o cliente é mais exigente em relação aos bens que deseja consumir.

Um fator que possibilitou a sobrevivência das organizações no meio corporativo é a tomada de decisão assertiva em relação aos investimentos, mudanças e melhorias nas empresas.

Diariamente decisões são tomadas no cotidiano e nas empresas, em geral as decisões que implicam na sobrevivência e crescimento das organizações são tomadas pela alta cúpula da corporação, como diretores e acionistas, dentre elas as decisões não estruturadas que segundo Turban, McLean e Wetherbe (1996), são processos vagos e problemas complexos, onde a intuição humana é frequentemente utilizada para tomar tais decisões, e para orientar na tomada de decisão.

A fim de minimizar a intuição humana foi desenvolvido por Thomas L. Saaty na década de 70 o método AHP, onde o tomador de decisão em posse do objetivo principal pode calcular matematicamente, com os critérios de aceitação qual opção alternativa apresenta o melhor valor percentual, em virtude desse cenário, o presente artigo visa utilizar o método AHP para auxiliar a tomada de decisão na escolha de dois layouts produtivos de uma linha de pintura de fixadores, pretende-se aumentar a produção, reduzir os custos e eliminar gargalos na entrega de produtos finais que necessitam dos fixadores para serem expedidos aos clientes finais.

2 Problema observado

Atender a demanda dos clientes muitas vezes pode ser considerado um desafio para as grandes organizações, prever a produção e se antecipar sobre as necessidades do mercado em

função de referências históricas com demandas anteriores, pode ser um ponto chave para algumas empresas se fixarem no mercado, contudo uma previsão que não foi analisada ou não foi considerada pode fazer com que a organização se depare com restrições que influenciarão na entrega final dos produtos aos clientes.

Quando a demanda está baixa sem grandes variações as restrições podem passar despercebidas nos processos produtivos, contudo o aumento da demanda pode evidenciar as restrições no processo, pois o tempo de produção será muitas vezes o mesmo com uma demanda superior, e isso foi percebido em uma indústria metalúrgica que está em operação há mais de 100 anos no Rio de Janeiro, quando a demanda aumentou em aproximadamente 65% nos últimos 15 dias de produção para o fechamento do mês, onde essa elevada demanda gerou uma restrição de 26 turnos de trabalho na pintura de fixadores após a finalização do produto final.

Segundo Goldratt (1992), restrição é qualquer coisa que limita um melhor desempenho de um sistema, e no caso da empresa analisada o limitador foi à capacidade de produção em relação ao tempo que a organização tinha disponível para entregar os pedidos finais.

De acordo com o histórico de apontamentos diários, a empresa em questão estava produzindo cerca de 8.000 fixadores, entre porcas e parafusos, contudo a linha de produção tinha uma capacidade teórica de 13.714 fixadores, capacidade que não era atingida por problemas operacionais e mão de obra indisponível na produção. A fim de resolver o problema de produção, a empresa envolveu os setores de Engenharia e Produção para analisar a melhor forma de aumentar o desempenho operacional e resolver o problema da restrição na pintura de fixadores, para que no futuro os gargalos gerados com o problema em referência não aconteçam e que os pedidos não sofram com atrasos relacionados aos fixadores na etapa de pintura.

Na Tabela 1 são apresentadas as características da linha de produção atualmente.

Tabela 1 – Características da linha atual

	Valor	Unidade
Velocidade da linha	3,79	m/min
Produção hora	1714	peças
Produção turno	13714	peças
Temperatura da linha	260	°C
Dimensões da linha (M)	22X2,1	METROS
Tempo de cura a 200°C	5 MIN	

Fonte: Autores (2018)

3 Revisão da Literatura

Segundo Slack *et al.* (2017), o arranjo físico de uma operação ou processo traduz como seus recursos transformadores são posicionados entre si e como as várias tarefas da operação são alocadas a esses recursos transformadores.

Definir o arranjo físico é definir como será a produção da organização. A necessidade de estudá-lo existe sempre que se pretende a implantação de uma nova fábrica ou unidade de serviços ou quando se estiver promovendo a reformulação de plantas industriais ou outras operações produtivas já em funcionamento (PEINADO e GRAEML, 2007).

Erros no projeto de *layout* podem gerar interrupções no fornecimento, levando à insatisfação do consumidor interno e externo, atrasos na produção, propiciando filas e estoques confusos e desnecessários, além de altos custos relacionados ineficiência da criação de sinergia entre o conjunto do arranjo físico (KANNAN, 2010; SINGH; YILMA, 2013).

De acordo com Saaty (2009), a tomada de decisão é, em sua totalidade, um processo mental cognitivo resultante da seleção do curso mais adequado de ação, baseado em critérios tangíveis e intangíveis arbitrariamente escolhidos por quem toma a decisão.

A simplicidade do método AHP é caracterizada pela comparação par a par das alternativas segundo critérios específicos (VARGAS, 1990). E o mesmo tem atraído o interesse de muitos pesquisadores, principalmente devido às propriedades matemáticas do método e ao fato de que a entrada de dados é sensivelmente simples de ser obtida (TRANTAPHYLLOU; MANN, 1995).

O processo AHP envolve a identificação de um problema de decisão e, em seguida, decompõe este em uma hierarquia de “subproblemas” menores e mais simples, onde cada um poderia então ser analisado de forma independente, sem perder o foco do problema de decisão (JÚNIOR e RODRIGUES, 2012).

O *Decision Support Systems Glossary* (DSS, 2006) define AHP como “uma aproximação para tomada de decisão que envolve estruturação de multicritérios de escolha numa hierarquia. O método avalia a importância relativa desses critérios, compara alternativas para cada critério, e determina um ranking total das alternativas”.

O método é benéfico, pois, como os valores dos julgamentos das comparações são baseados em experiência, intuição e também em dados físicos, a análise hierárquica de processos pode lidar com aspectos qualitativos e quantitativos de um problema de para auxiliar na tomada de decisão (SAATY, 1994).

4 Metodologia

De acordo com os problemas observados, a necessidade de solucionar o problema da produção de fixadores se fez necessária, a proposta oferecida é a alteração do layout da linha de pintura de fixadores, a fim de se obter maior produção e redução dos custos operacionais. A proposta analisada está na escolha de dois layouts distintos.

O *layout* A tem como objetivo principal aproveitar a planta e a estrutura mecânica da linha de pintura de chapas e com isso atingir uma redução de custo maior com redução de energia de aproximadamente R\$ 420.000,00 em um ano, conseguir menor movimentação de material em virtude da proximidade da área de carga e descarga e estoque de fixadores, disponibilidade de espaço industrial que atualmente é utilizado na linha atual pintura de 46,2m, aumento de produção de cerca de 9,38% em relação ao que foi determinado em projeto e menor disponibilidade no investimento inicial, que hoje é um ponto chave para a organização.

O *layout* B tem como objetivo principal aumentar a velocidade da linha para 6m/min, cerca de 57,9% maior que a velocidade atual de 3,8m/m, e com isso atingir a produção de aproximadamente 21.900 fixadores por turno, considerando a produção em 100% de eficiência da linha, ou seja, 59,69% maior que o determinado em projeto da linha atual e 173,75% maior que o histórico de produção de 8000 fixadores. Considerando a produção em 80% da capacidade do projeto a linha tem capacidade de 17.520 fixadores, outro objetivo é reduzir 11 metros de comprimento da planta original disponibilizando o espaço para empresa usar de forma mais eficiente e reduzir cerca de R\$ 360.000,00 em um ano com custo de energia.

Na Tabela 2, são apresentadas as características dos *layouts* A e B em relação ao modelo atual.

Tabela 2 – Características dos layouts A e B

Características dos layouts A e B em relação ao modelo atual					
O tempo antes da pintura precisa ter 5 min para a temperatura de +- 115°C ser respeitada				100%	
Produtividade teórica	Atual	Mesma velocidade		Foco na velocidade	
		Layout A	Layout B	Layout A	Layout B
Produção turno	13714	13703	13742	15000	21900
Produção hora	1714	1713	1718	1875	2738
Produção min.	29	29	29	31	46
Turno de trabalho em min	480	480	480	480	480
Tempo para completar uma volta	14,0	23,4	24,8	21,4	15,6
Uma hora em min	60	60	60	60	60
Uma volta completa em peças	400	668	710	668	710
Nº de voltas por turno	34	21	19	22	31
Rpm da linha	1000	1000	1000	1094	1597
Velocidade da linha em m/min	3,8	3,8	3,8		
Temperatura da linha em °C	260	230	230	230	230
Percentual de melhoria sobre o layout atual	-	-0,09%	0,20%	9,38%	60%

Fonte: Autores

O método AHP, Análise Hierárquica de Processos, é utilizado para dar apoio na tomada de decisão onde as mesmas não são estruturadas. Para Turban, McLean e Wetherbe (1996), as decisões não estruturadas são processos vagos e problemas complexos, onde a intuição humana é frequentemente utilizada para tomar tais decisões. O método consiste em um modelo matemático elaborado por Thomas L. Saaty na década de 70. O método permite um julgamento de valor a partir da utilização de uma escala específica para padronização e da subjetividade inerente da utilização de variáveis qualitativas, a partir de uma escala verbal de valor, também conhecida como escala de conversão. O Quadro 1 apresenta a Escala Fundamental de Saaty, para que seja feita a comparação paritária entre os critérios.

Quadro 1 – Escala Fundamental de Saaty

Escala numérica	Escala Verbal	Explicação
1	Ambos elementos são de igual importância.	Ambos elementos contribuem com a propriedade de igual forma.
3	Moderada importância de um elemento sobre o outro.	A experiência e a opinião favorecem um elemento sobre o outro.
5	Forte importância de um elemento sobre o outro.	Um elemento é fortemente favorecido.
7	Importância muito forte de um elemento sobre o outro.	Um elemento é muito fortemente favorecido sobre o outro.
9	Extrema importância de um elemento sobre o outro.	Um elemento é favorecido pelo menos com uma ordem de magnitude de diferença.
2, 4, 6, 8	Valores intermediários entre as opiniões adjacentes.	Usados como valores de consenso entre as opiniões.
Incremento 0.1	Valores intermediários na graduação mais fina de 0,1	Usados para graduações mais finas das opiniões.

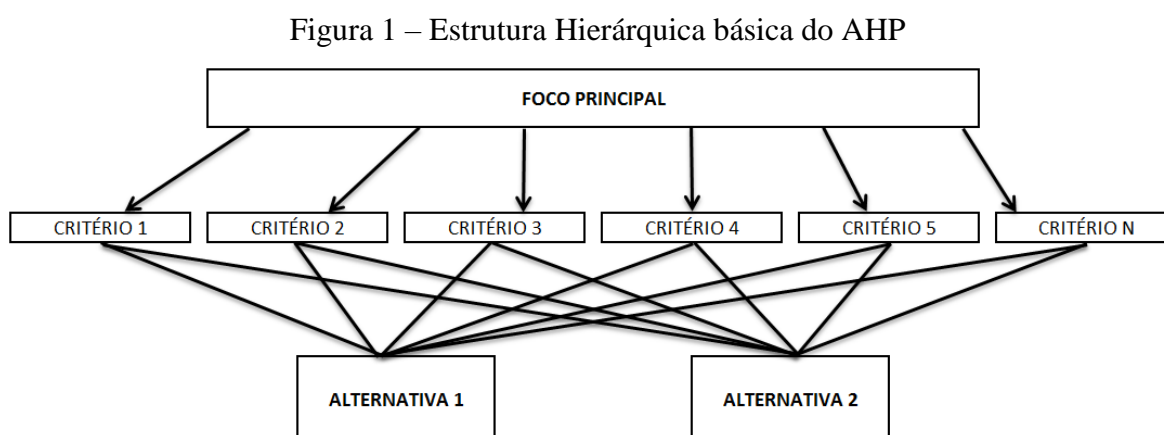
Fonte: Roche (2004)

Segundo Trevizano e Freitas (2005) os elementos são julgados par a par à luz de cada elemento em conexão em um nível superior, compondo as matrizes de julgamento.

O desenvolvimento do método segue os seguintes passos:

1. Avaliação e comparação dos julgamentos dos critérios à luz das alternativas;
2. Cálculo do somatório dos elementos de cada coluna do quadro de julgamentos;
3. Divisão de todos os elementos de cada coluna do quadro de julgamentos, pelo somatório referente à coluna;
4. Transformar valores fracionários do resultado da divisão em números decimais, (Normalização);
5. Cálculo da prioridade média local (PML) de cada elemento, à luz das alternativas, onde as PML são as médias das linhas dos quadros normalizados;
6. Cálculo da PML de cada elemento, à luz do foco principal.

As PML identificaram às prioridades em julgamento a luz das alternativas e à luz do foco principal, contudo o objetivo é identificar a prioridade global, pois o mesmo armazena a prioridade associada a cada alternativa em relação ao foco principal, e para encontrar a PG de cada alternativa, é necessário realizar a soma do produto de cada critério da PML do foco principal pelo PML de cada alternativa à luz do respectivo critério. A Figura 1 apresenta a estrutura básica do AHP.



Fonte: Adaptado de Saaty (2008)

A utilização da escala de importância relativa na avaliação dos fatores, subfatores, atributos e alternativas gera uma matriz de resultados com valores numéricos, que é utilizada para a comparação par a par dos elementos da estrutura hierárquica (LOUREIRO, FREITAS e GONÇALVES, 2015).

No Quadro 2, observa-se um exemplo de matriz de avaliação com critérios e alternativas.

Quadro 2 – Exemplo de matriz de avaliação dos critérios ou atributos

	Critério	Coluna 1	Coluna 2	Coluna 3	Coluna n
		Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa n
Linha 1	Alternativa 1	1	1/A	1/A	1/B
Linha 2	Alternativa 2	A	1	A	B
Linha 3	Alternativa 3	A	1/A	1	A
Linha 4	Alternativa n	B	1/B	1/A	1
Somatórios		Coluna 1	Coluna 2	Coluna 3	Coluna n

Fonte: Adaptado de Saaty (2005)

A empresa em questão tomou como critérios de avaliação os seguintes itens:

- MOVIMENTAÇÃO DE MATERIAL – MM, onde a vantagem é a menor movimentação de material nos processos de pintura e embarque dos fixadores.
- CUSTO DE INVESTIMENTO – CI, onde a vantagem está no layout que apresentar menor custo de investimento inicial.
- PAYBACK SIMPLES – PAY, onde a vantagem está no layout que apresentar o menor tempo para retorno do investimento, de forma simples, sem análise do valor presente líquido.
- AUMENTO DE PRODUÇÃO – PROD, onde a vantagem está no layout que apresentar o maior aumento de produção.
- REDUÇÃO DE CUSTOS – RC, onde a vantagem está no layout que apresentar a maior redução de custos anual com gastos de energia.
- QUALIDADE DO PRODUTO – QUAL, onde a vantagem está no layout que apresentar em seu processo a melhor qualidade final dos fixadores.

Após análise dos setores envolvidos ficou decidido que na comparação par a par dos critérios em relação às alternativas dos *layouts* A e B seriam:

- A movimentação de material do *layout* A tem relação forte sobre o *layout* B.
- O custo de investimento do *layout* A tem relação forte sobre o *layout* B.
- O *payback* simples do *layout* B tem relação entre moderado e forte sobre o *layout* A.
- O aumento de produção do *layout* B tem relação muito forte sobre o *layout* A.
- A redução do custo do *layout* A tem relação forte sobre o *layout* B.
- A qualidade do *layout* A tem relação moderada sobre o *layout* B.

Na Figura 3 apresenta-se a comparação par a par dos critérios.

Figura 3 – Comparação par a par do cálculo do PML dos critérios do AHP

COMPARAÇÃO PAR A PAR			SOMA DAS COLUNAS			NORMATIZAÇÃO			PRIORIDADE MÉDIA LOCAL				
MM	LA	LB	MM	LA	LB	MM	LA	LB	MM	LA	LB	PML	PML MM = (0,83;0,17)
LA	1	5	LA	1	5	LA	0,83	0,83	LA	0,83	0,83	0,83	
LB	1/5	1	LB	1/5	1	LB	0,17	0,17	LB	0,17	0,17	0,17	
			1 1/5 6										
CI	LA	LB	CI	LA	LB	CI	LA	LB	CI	LA	LB	PML	PML CI = (0,83;0,17)
LA	1	5	LA	1	5	LA	0,83	0,83	LA	0,83	0,83	0,83	
LB	1/5	1	LB	1/5	1	LB	0,17	0,17	LB	0,17	0,17	0,17	
			1 1/5 6										
PAY	LA	LB	PAY	LA	LB	PAY	LA	LB	PAY	LA	LB	PML	PML PAY = (0,20;0,80)
LA	1	1/4	LA	1	1/4	LA	0,20	0,20	LA	0,20	0,20	0,20	
LB	4	1	LB	4	1	LB	0,80	0,80	LB	0,80	0,80	0,80	
			5 1 1/4										
PROD	LA	LB	PROD	LA	LB	PROD	LA	LB	PROD	LA	LB	PML	PML PROD = (0,13;0,88)
LA	1	1/7	LA	1	1/7	LA	0,13	0,13	LA	0,13	0,13	0,13	
LB	7	1	LB	7	1	LB	0,88	0,88	LB	0,88	0,88	0,88	
			8 1 1/7										
RC	LA	LB	RC	LA	LB	RC	LA	LB	RC	LA	LB	PML	PML RC = (0,83;0,17)
LA	1	5	LA	1	5	LA	0,83	0,83	LA	0,83	0,83	0,83	
LB	1/5	1	LB	1/5	1	LB	0,17	0,17	LB	0,17	0,17	0,17	
			1 1/5 6										
QUAL	LA	LB	QUAL	LA	LB	QUAL	LA	LB	QUAL	LA	LB	PML	PML QUAL = (0,67;0,33)
LA	1	3	LA	1	2	LA	0,67	0,67	LA	0,67	0,67	0,67	
LB	1/3	1	LB	1/2	1	LB	0,33	0,33	LB	0,33	0,33	0,33	
			1 1/2 3										

Fonte: Autores (2018)

Após análise dos setores envolvidos ficou decidido que a comparação dos critérios em relação ao foco principal segue as seguintes relações:

- O custo de investimento tem relação muito forte sobre a movimentação de material e forte sobre a qualidade.
- O *payback* simples tem relação entre moderado e forte sobre movimentação de material e moderado sobre custo de investimento e qualidade final dos produtos.
- Produção tem relação absoluta sobre movimentação de material, entre muito forte e absoluta sobre custo de investimento e muito forte sobre o *payback* simples, redução de custos e qualidade final dos produtos.
- Redução de custos tem relação forte sobre movimentação de material e qualidade final dos produtos, moderado sobre custo de investimento e entre moderado e forte sobre *payback* simples.
- Qualidade final dos produtos tem relação entre igual e moderado sobre movimentação de material.

No Quadro 3, apresenta-se a matriz com a comparação dos critérios.

Quadro 3 – Comparação dos critérios em relação ao foco principal

Foco principal	MM	CI	PAY	PROD	RC	QUAL
MM	1	1/7	1/4	1/9	1/5	1/2
Cr	7	1	1/3	1/8	1/3	5
PAY	4	3	1	1/7	1/4	3
PROD	9	8	7	1	7	7
RC	5	3	4	1/7	1	5
QUAL 11	2	1/5	1/3	1/7	1/5	1
Somatório	28	15 1/3	13	1 2/3	9	21 1/2

Fonte: Autores

Após a elaboração da matriz dos critérios a luz do foco principal, é possível chegar às coordenadas do PML, Quadro 4.

Quadro 4 – PML foco principal

Foco principal	MM	CI	PAY	PROD	RC	QUAL	PML
MM	0,04	0,01	0,02	0,07	0,02	0,02	0,03
CI	0,25	0,07	0,03	0,08	0,04	0,23	0,11
PAY	0,14	0,20	0,08	0,09	0,03	0,14	0,11
PROD	0,32	0,52	0,54	0,60	0,78	0,33	0,52
RC	0,18	0,20	0,31	0,09	0,11	0,23	0,19
QUAL	0,07	0,01	0,03	0,09	0,02	0,05	0,04

Fonte: Autores

De posse da prioridade média local do foco principal o que se busca é o Vetor de Prioridade Global onde se devem combinar as prioridades médias locais de todos os critérios par a par com a prioridade média local do foco principal. Cada matriz de comparação de critério deverá ser multiplicada pela tabela de Vetor de Prioridade de Critérios (MARINS, SOUZA e BARROS, 2009).

A seguir são apresentados os cálculos para os *layouts* A e B:

– **Prioridade Global do Layout A:**

$$(0,03 \times 0,83) + (0,11 \times 0,83) + (0,11 \times 0,20) + (0,52 \times 0,13) + (0,19 \times 0,83) + (0,04 \times 0,67) = 0,39$$

– **Prioridade Global do Layout B:**

$$(0,03 \times 0,17) + (0,11 \times 0,17) + (0,11 \times 0,80) + (0,52 \times 0,88) + (0,19 \times 0,17) + (0,04 \times 0,33) = 0,61$$

O Quadro 5 apresenta as prioridades globais dos *layouts* A e B.

Quadro 5 – Prioridades Globais dos *layouts* A e B

Prioridade global	LA	Prioridade global	LB
0,03	0,024534	0,03	0,004907
0,11	0,095241	0,11	0,019048
0,11	0,0223	0,11	0,089198
0,52	0,064381	0,52	0,450668
0,19	0,154649	0,19	0,03093
0,04	0,029429	0,04	0,014715
Soma	0,39	Soma	0,61
Percentual	39%	Percentual	61%

Fonte: Autores (2018)

5 Considerações finais

De acordo com os dados levantados e análise feita entre os setores envolvidos na empresa, o método de análise hierárquica de processos se mostrou satisfatório como ferramenta para dar suporte na tomada de decisão para os diretores da empresa.

Após análise dos critérios a fim de decidir qual layout tem melhor potencial de investimento, e apresenta o melhor custo benefício para sanar o problema da improdutividade da linha de pintura de fixadores, a alternativa que apresenta o melhor percentual é layout B, com 61%, que mesmo com investimento maior, cerca de R\$ 100.000,00 e redução de custo R\$ 60.000,00 menor que do layout A, a produção de aproximadamente 21.900 fixadores por turno, 59,69% maior que o determinado em projeto da linha atual e 173,75% maior que o histórico de produção de 8000 fixadores por turno, ou 80% da capacidade do projeto, podendo se chegar à quantidade de 17.520 fixadores por turno, e a disponibilidade de 23,1m² de espaço industrial foram fatores decisivos elaboração do método AHP, com essas informações e o resultado do método o tomador de decisão poderá escolher se o investimento será para o *layout* A ou para o *layout* B de forma mais assertiva, visando o melhor para a organização, e mesmo o método apontando o *layout* B como a melhor opção de investimento, a tomada de decisão será de responsabilidade da direção da empresa. O método apenas aponta o melhor caminho.

Referências bibliográficas

GOLDRATT, E. M.; FOX, R. E. **A corrida pela vantagem competitiva**. São Paulo: IMAM, 1992.

KANNAN, V. R. **Analyzing the Trade-off Between Efficiency and Flexibility in Cellular Manufacturing Systems**. *Production Planning & Control*, v. 9, n.4, p. 572-579, 2010.

LOUREIRO, J. F.; FREITAS, R. R.; GONÇALVES, W.; **Proposta de um método de localização para expansão de um terminal portuário por meio do Analytic Hierarchy Process (AHP)**, Espacios. Vol. 36 (Nº 10) Ano 2015. Pág. 7.

MARINS, C. S.; SOUZA, D. O; BARROS, M. S.; **o uso do método de análise hierárquica (ahp) na tomada de decisões gerenciais – um estudo de caso**, XLI SBPO 2009 - Pesquisa Operacional na Gestão do Conhecimento.

PEINADO, Jurandir; GRAEML, Alexandre R; **Administração da Produção (Operações Industriais e de Serviços)**-UnicenP – Curitiba - 2007.

PINESE JÚNIOR, J. F.; RODRIGUES, S. C. O método de análise hierárquica – AHP – como auxílio na determinação da vulnerabilidade ambiental da bacia hidrográfica do Rio Piedade (MG). **Revista do Departamento de Geografia – USP**, v. 23, n. 2012, p. 4–26, 2012. Disponível em: <<http://citrus.uspnet.usp.br/rdg/ojs/index.php/rdg/article/view/117/364>>. Acesso em: 21 Jul. 2018.

ROCHE, H.; VEJO, C. **Analisis multicriterio em la toma de decisiones. Métodos Cuantitativos aplicados a la administración. Analisis multicritério – AHP**. 2004. Material apoyo AHP, 11 f.

SAATY, T.L.; **The Analytic Hierarchy Process** - McGraw-Hill, New York - 1980

SINGH, A. P.; YILMA, M. **Production floor layout using systematic layout planning in Can manufacturing company**. In: IEEE International Conference on Control, Decision and Information Technologies. CoDIT, Hammamet, Tunisia: p. 822 – 828, 2013.

SLACK, Nigel; BRANDON-JONES, Alistair; JOHNSTON, Robert; **Administração da Produção**- 2º Ed.: Atlas – São Paulo - 2017.

TREVIZANO, Waldir Andrade; FREITAS, André Luiz Policani. Emprego do método da Análise Hierárquica (A.H.P.) na seleção de processadores. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 25, 2005, 29 out- 01 nov, Porto Alegre, RS. Anais... Rio de Janeiro: ABEPRO, 2006. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2005_enegep0602_1532.pdf>. Acesso em: 12 maio 2018.

TRIANANTAPHYLLOU, E., MANN S. H. (1995), Using The Analytic Hierarchy Process For Decision Making in Engineering Applications: Some Challenges. **International Journal of Industrial Engineering: Applications and Practice**, Vol.2, N. 1, p. 35-44,1995. Available at http://www.csc.lsu.edu/trianta/Journal_PAPERS1/AHPapls1.pdf. 419

TURBAN, E.; McLEAN, E. e WETHERBE, J. **Information technology for management**. New York: John Wiley & Sons, 1996.

VARGAS, R.; **utilizando a programação multicritério (ahp) para selecionar e priorizar projetos na gestão de portfólio**, PMI Global Congress 2010 – North America Washington - DC – EUA – 2010.